



УДК 551.14/.16:550.834+552.1+551.24

© 2009

Ю. А. Богданов, А. М. Черняков

Вероятная причина газовых выбросов в шахтах Донбасса и возможные пути их изучения

(Представлено членом-корреспондентом НАН Украины А. Е. Лукиньюм)

Відмічається, що всі відомі вибухи природного газу у шахтах Донбасу виникають у тих з них, що розташовані у відносно вузькій смужі на межі складчастого спорудження з Бахмутською та Кальміус-Торецькою улоговинами. Обґрунтовується припущення, що можливим джерелом природного газу можуть бути невідкриті промислові скупчення нафти та газу. Нафта і газ уловлюється шахтними полями, що призводить до тяжких наслідків.

Обширная территория крайнего юго-востока Днепровско-Донецкой впадины (ДДв), включающая Бахмутскую и Кальмиус-Торецкую котловины и подступы к ним с запада, характеризуется наименьшей степенью изученности с точки зрения перспектив поисков новых залежей нефти и газа в регионе.

На протяжении 70–90 гг. прошлого столетия предпринимались весьма робкие попытки преодолеть один из самых устойчивых негативных стереотипов, коротко выражающийся в том, что на Кальмиус-Бахмутский район приходится 2,5% неразведанных запасов ДДв. Такая низкая оценка потенциальных ресурсов опиралась на очень небольшой объем параметрического и поискового бурения на нефть и газ в этом районе, который был сосредоточен в основном на так называемых открытых палеозойских структурах. Они легко обнаруживались в ходе площадного обязательного геологического картирования всей территории страны и весьма детально изучены структурным и структурно-картировочным бурением в связи с поисками твердых, в первую очередь металлических, полезных ископаемых.

Своды этих структур осложнены разрывными нарушениями субширотной и субмеридиональной региональных систем, с которыми и сопряжены многочисленные рудопроявления. Скважины на нефть и газ в пределах Новомечбиловской, Петровской, Троицкой, Камышевахской и многих других такого типа структур вскрывали породы, подвергнутые вторичным изменениям, связанным с магматической деятельностью по разломам, пересекающим палеозойскую, мезозойскую толщи и достигающими дневной поверхности.

Исследования керна из этих скважин, близость складчатого сооружения, нарастание в его сторону температурных градиентов, наличие большого количества нефте- и газопроявлений при крайне малом количестве промышленных притоков позволили многим исследователям сделать вывод о повышающейся с приближением к Донбассу степени катагенетических преобразований коллекторов и покрышек. Подобные выводы стали, по-видимому, главной причиной низкой ресурсной оценки рассматриваемых территорий и одним из главных препятствий развитию планомерных поисков месторождений нефти и газа в Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловинах. И это притом, что однозначно установлено наличие в недрах котловин основных регионально нефтегазоносных комплексов пород, содержащих почти все разведанные и добываемые запасы газа и нефти в ДДв. Это нижняя пермь (хемогенная и терригенная ее составляющие) и верхний карбон, московский и башкирский ярусы среднего карбона, серпуховский ярус нижнего карбона. Прямые признаки нефтегазоносности обнаруживаются на подступах к Донбассу в стратиграфическом диапазоне от юрских до нижнекаменноугольных образований.

Следует подчеркнуть, что при всей разрозненности полученных единичных результатов в различных частях обеих котловин, песчаники и алевролиты аллювиального, прибрежно-морского, открыто морского и заливного происхождения могут участвовать в строении резервуаров нефти и газа в условиях антиклинальных структур, отдельных блоков и в ловушках неантиклинального типа на моноклинальных склонах. В этой связи практически все подразмывные толщи представляют поисковый интерес.

Кроме сказанного, при оценке поискового потенциала следует помнить, что еще в 1970 г. на основе комплексных геохимических, промысловых, литолого-физических, гидрогеологических исследований высокую оценку перспектив крайнего юго-востока впадины объемно-генетическим методом наличие свободного газа в рассеянном состоянии оценивалось несколькими триллионами м³ [1]. Такой гигантский потенциал должен реализовываться в запасы, по крайней мере сопоставимые с открытыми в восточной части ДДв.

Обширные территории котловины в разной степени изучены геофизическими методами: достаточно полно гравиметрическими и явно недостаточно сейсмическими. Почти вся территория покрыта крупномасштабной высокоточной гравиметрической съемкой, в то время как сейсмические работы проводились фрагментарно и не позволяют с необходимой для поискового бурения полнотой составить картину строения территории крайнего юго-востока впадины практически ни по одному из определяющих стратегию и тактику поисков комплекса. Это объясняется многими объективными и субъективными причинами, которые должны быть рассмотрены специально. Среди важных пробелов необходимо отметить отсутствие убедительных данных о строении и глубинах залегания фундамента, системы разрывных нарушений, наличия и расположения соляных штоков, практически полное отсутствие данных о неантиклинальных ловушках нефти и газа [2].

Кроме того, имеется ряд объективных обстоятельств, снижающих эффективность сейсморазведки: сложные условия местности, неизвестная картина катагенетических изменений по разрезу и площади, отсутствие необходимого количества скважин и, как следствие, отсутствие реальных скоростных характеристик разрезов. В результате значительная часть выполненных сейсморобот имеет низкое качество по оценкам самих специалистов.

Следовательно, настало время типовой комплекс работ по выявлению перспективных на нефть и газ объектов дополнить геофизическим методом — геополяритонным зондированием недр, апробированным в ДДв и других сложнопостроенных регионах мира.

Геополаритонное зондирование позволяет регистрировать сигналы, обусловленные нелинейными процессами генерации и распространения излучения, что дает возможность исследовать недра во всем интервале глубин залегания осадочных пород до кровли фундамента и самого фундамента до слоя Мохоровичича.

Метод особенно чувствителен при изучении вертикальных и субвертикальных геологических структур: разрывных нарушений, тектонически ослабленных зон, соляных штоков и т. д. Очень важна возможность его применения в качестве прямого метода, улавливающего признаки наличия в недрах скоплений углеводородов в виде аномалий типа “залежь”. Метод геополаритонного зондирования (ГПЗ) описан во многих публикациях [3–8], раскрывающих его суть и возможности применения для поисков месторождений углеводородов, а также его преимущества в сравнении с другими геофизическими методами. И все же в настоящей работе следует отметить следующее.

Переход атомов, молекул (квантовых осцилляторов) в веществе из одного энергетического состояния в другое сопровождается излучением или поглощением кванта энергии какой-либо природы (электромагнитной, акустической и пр.) [9, 10]. Нарушение термодинамического состояния вещества происходит при его возбуждении. Возбудить вещество можно разными способами, в том числе механическим.

Существующие геофизические интерпретации естественного электромагнитного излучения недр основаны на представлении о том, что геологическая среда механически неподвижна, а излучение рассматривается в рамках теории линейного отклика. Вместе с тем наличие тектонических движений, вызывающих механическую переработку и возбуждение вещества недр, хорошо известный факт, ставший предметом пристального внимания геофизиков. Причиной неадекватности существующих геофизических взглядов на природу естественного электромагнитного излучения земной коры является пробел в области фундаментальных знаний — отсутствие электродинамики хрупкой и пластической деформации. Ныне существует электродинамика напряженной среды для случая линейных упругих деформаций, однако ее нельзя применять к геотектоническим процессам, поскольку типичное протекание геологических процессов сопровождается трещинообразованиями, характерными для нелинейных деформаций.

Тектонические процессы, происходящие в земной коре, приводят к возникновению разного рода колебаний и волн. Очень хорошо известно акустическое проявление тектонических движений — сейсмические волны, наиболее яркое проявление которых — землетрясения. Гораздо менее известны их электромагнитные проявления.

Следует отметить, что в твердом теле со сложной кристаллической решеткой (более одного атома в элементарной ячейке) существуют два типа механических колебаний — акустические и оптические. Последние характеризуются тем, что атомы в элементарной ячейке колеблются навстречу друг другу, в противофазе, так что их колебания в ионных кристаллах приводят к изменению дипольного момента кристалла, а значит к генерации электромагнитных волн. Взаимодействие электромагнитных волн и оптических колебаний решетки особенно велико в области, где волновые векторы и энергии фотонов и фононов близки друг к другу. В этом случае говорят, что по кристаллу распространяется “смесь” электромагнитных и поперечных оптических колебаний решетки, элементарные возбуждения которой называют поляритонами. Горные породы являются именно такими твердыми телами, в которых содержится два и более атома в элементарной ячейке, а это значит, что по горным породам могут распространяться поляритоны.

Поэтому электромагнитное излучение, сопутствующее различным природным, в том числе и геологическим процессам (сдвиги и разломы коры, землетрясения, лавины, оползневые подвижки грунтов и пр.), может рассматриваться как обширный источник информации о геодинамических процессах.

Поскольку есть основания считать, что импульсное электромагнитное излучение земных недр является достаточно чувствительным индикатором геодинамических явлений, оно может быть использовано в геофизических исследованиях и разведке. Это обстоятельство делает проблему понимания механизма генерации и распространения электромагнитного излучения земных недр особенно актуальной.

В настоящей работе используется связь электромагнитного излучения земных недр с их геологической структурой, в основе которой используются представления о колебательно-электромагнитном взаимодействии в ионной среде земных недр, плодотворно зарекомендовавшем себя в физике твердого тела — так называемых поляритонных колебаниях или соответствующих им квазичастицах — поляритонах.

Отметим еще один важный момент. Земная кора находится под воздействием квазистатических напряжений, т. е. напряжений, медленно меняющихся со временем. Большинство обсуждаемых в литературе механизмов генерации электромагнитных сигналов исходят из этого факта, что принципиально затрудняет объяснение генерации сравнительно высокочастотных электромагнитных колебаний. В то же время, при рождении и уничтожении дефектов кристаллической решетки генерируется весь спектр присущих кристаллу колебаний — от нулевых частот до частот порядка дебаевской.

Опытно-методические работы методом ГПЗ выполняются аэрогеофизическим способом. Измерительно-вычислительный комплекс, устанавливаемый на самолете, включает пороговый анализатор активности геополяритонного поля с широкополосной антенной, DGPS и интерфейсный адаптер. Запись навигационных параметров и данных анализатора осуществляется с помощью пакета DGPRS фирмы Trimble. Интервал считывания сигнала электромагнитного излучения — 1 с.

Использование широкополосных сигналов — принципиальная особенность геополяритонного зондирования (ГПЗ), позволяющего регистрировать пассивное электромагнитное излучение на оптимальной для данной глубины частоте. Основные источники излучения — дислокации, механические напряжения и зоны контакта горных пород с различными физико-механическими свойствами.

В самом приборе, установленном на самолете, реализован принцип счета пересечений уровнем сигнала заданного порога. Этот принцип использует особенности электромагнитного излучения земной коры, благодаря очевидной аналогии с лазерной генерацией. Хорошо известно, что с дальнейшим ростом накачки излучение лазеров переходит от непрерывного режима в режим излучения цуга коротких импульсов. Для обоснования “накачки” в горных породах применяется простая феноменологическая модель, суть которой состоит в том, что дефекты в кристалле рождаются в результате некоторого внешнего воздействия. В свою очередь, электромагнитная волна определенной плотности энергии рождается при уничтожении дефекта, возможен также процесс рождения дефекта при взаимодействии электромагнитного поля с кристаллом. В отсутствие излучения наличие дефектов связано с “накачкой” и “залечиванием” дефектов, благодаря тепловым процессам в кристалле. В свою очередь, “накачка” при наличии внешних сил, приложенных к кристаллу, прямо связана с деформацией кристалла. Конечно, любое рождение дефекта сопровождается излучением, однако следует пренебречь таким “спонтанным” излучением в отли-

чие от “вынужденного” излучения, обусловленного взаимодействием с электромагнитной волной.

Изложенное позволяет предложить безотлагательное применение геополяритонного зондирования для изучения нефтегазоносности всего крайнего юго-востока ДДв. При этом первоочередным объектом проведения ГПЗ должна стать приграничная полоса ДДв и Донецкого складчатого сооружения.

Почти все известные нам взрывы природного газа в шахтах Донбасса происходят в тех из них, которые расположены в относительно узкой полосе на границе Донецкого складчатого сооружения с Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловинами (рис. 1).

Одним из возможных источников природного газа, поступающего в шахты Донбасса, располагающиеся на границах с котловинами, могут быть неоткрытые промышленные скопления газа и нефти. Различные по объему и морфологии ловушки могут быть, приурочены к породам нижней перми, верхнего и среднего карбона. Углеводороды этих месторождений в силу сложного геологического строения, значительной их тектонической нарушенности, перемежаемости участков с улучшенной и ухудшенной проницаемостью коллекторов и покрышек, сочетания естественных и техногенных подвижек способны периодически вызывать миграцию углеводородов вверх по восстанию пород на бортах котловин, где улавливаются шахтными полями, вызывая тяжелые последствия.

Преобладающая точка зрения о поступлении в шахты только газов, связанных непосредственно с самим углем и его палеогеологическими преобразованиями приходит в непримиримое противоречие с большим количеством нефтепроявлений, залежей нефти, обнаруженными скважинами в котловинах и, наконец нефтяными скоплениями, встреченными в шахтах.

Имеются ввиду нефтепроявления в разных шахтах из пород московского яруса среднего карбона ($C_2^5-C_2^7$), многочисленные нефтепроявления в районе пересечения Центрально-Донецкого и Петровского глубинных разломов, открытый нефтяной фонтан в структурной скважине 512, бурившей на полиметаллы на Новотроицкой площади вблизи Бантышевского соляного штока, нефтегазопроявление в скважине 505 Дружковско-Константиновской антиклинали из песчаников исаевской свиты верхнего карбона. На большем удалении от шахт, где произошли выбросы газа, но также в пределах Бахмутской котловины зафиксированы нефтегазопроявления из пород верхнего и среднего карбона на Петровской и Дробышевской площади, Славянском куполе, Адамовском соляном штоке, Львовской площади и т. д. Эти факты позволяют высказать предлагаемую точку зрения и подкрепить ее тем, что к востоку от указанной полосы взрывы газа нам не известны.

Представляется вполне логичным, что только с началом эксплуатации открываемых месторождений газа и нефти и последующим снижением пластовых давлений в этих резервуарах газы, находящиеся в свободном состоянии и растворенные в нефтях, прекратят неконтролируемые перемещения по естественным и искусственным каналам.

Прямым доказательством непосредственной связи взрывов на шахтах и расположенных рядом, но гипсометрически ниже скоплениями углеводородов, является Матросская площадь, где получен промышленный приток газа из башкирских отложений (рис. 2).

При подготовке к поисковому бурению на газ и нефть этой площади был успешно использован метод геополяритонного зондирования. Именно этим методом были получены прямые признаки нефтегазоносности, что подтвердилось при бурении первой поисковой скважины.

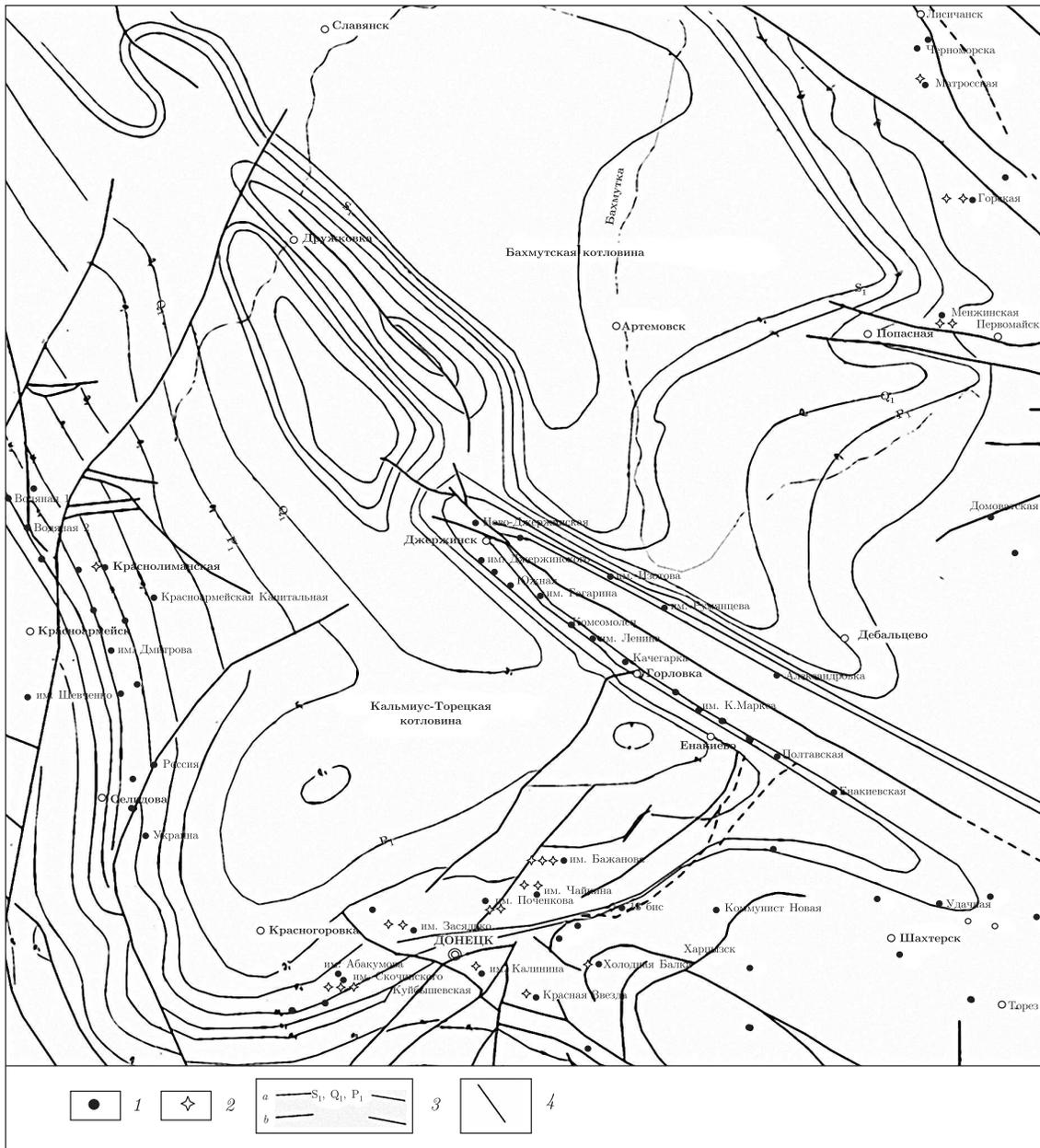


Рис. 1. Схема расположения взрывов в шахтах относительно Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловин (по материалам открытой печати):

1 — шахты; 2 — взрывы в шахтах по данным открытой печати; 3 — маркирующие известняки: а — пермские, б — каменноугольные; 4 — разрывные нарушения

Неотложность включения метода ГПЗ в поисковый комплекс подчеркивается сложными поверхностными условиями Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловин, где он будет использован с применением авиационных носителей, что само по себе обеспечивает его существенные преимущества.

Кроме сказанного, нельзя исключить, что сами взрывы в шахтах способны активизировать микро- и макротрещиноватость в переходной зоне от котловин к Донецкому склад-

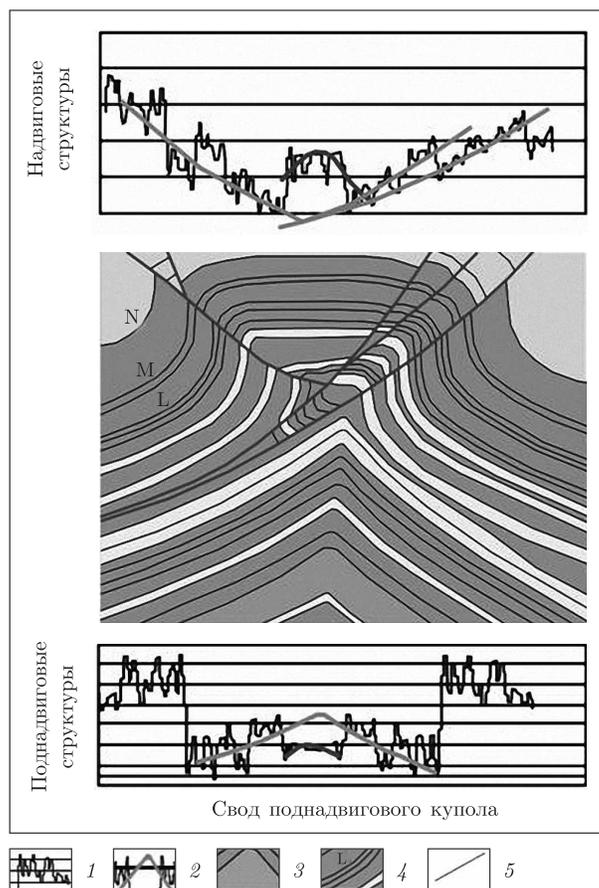


Рис. 2. Схематический геологический разрез через Матросскую площадь:
 1 — графики распределения сигнала ГПЗ; 2 — залежь углеводородов по данным ГПЗ; 3 — газовая залежь, установленная скважиной; 4 — границы пластов; 5 — разрывные нарушения

чатоуму сооружению. Вследствие такой активизации могут стать более контрастными для ГПЗ зоны трещиноватости и крупные разрывные нарушения. Электромагнитная составляющая поляризованного излучения, отвечающая углеводородной смеси может дополнительно заставить “светиться” пути миграции флюидов от основного скопления — неоткрытого месторождения к шахтным полям. В такой ситуации откроется возможность перехвата газа на путях миграции вне зависимости от размеров скоплений.

Следует подчеркнуть, что ГПЗ без всяких предварительных затрат позволит в первом приближении установить ловушки различного типа и размера. Эти работы покажут, где и в каком объеме необходимо проводить сейсморазведку. Первым шагом на пути изучения нефтегазоносности Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловин могут стать аэрогеофизические исследования вдоль регионального профиля “DOBRE”, вслед за которыми необходимы площадные исследования вдоль восточных бортов обеих котловин.

Проведение предлагаемых исследований станет реальным вкладом в дело поисков новых месторождений газа и нефти в Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловинах и позволит глубже понять геологические причины неконтролируемого поступления углеводородов в шахты Донбасса.

1. Попов В. С., Джамалова Х. Ф. и др. О перспективах промышленной газоносности Кальмиус-Торецкой и Бахмутской котловин. Развитие газовой промышленности СССР // Тр. УкрНИИГАЗа. – 1970. – Вып. 5.
2. Черняков О. М., Буняк Б. Г., Ульянов М. Г. Шляхи підвищення успішності пошукув вуглеводнів у Дніпровсько-Донецькій западині // Нафтова і газова пром. – 2007. – № 5. – С. 6–10.
3. Шуман В. Н. Электромагнитные сигналы литосферного происхождения в современных наземных и дистанционных зондирующих системах // Геофиз. журн. – 2007. – № 2. – С. 3–16.
4. Шуман В. Н. Уравнение генерации спонтанных электромагнитных сигналов в системе литосферных блоков // Там же. – 2008. – № 1. – С. 3–16.
5. Богданов Ю. А., Воронин В. И., Уваров В. Н., Черняков А. М. Электромагнитное проявление структуры недр // Там же. – 2001. – **25**, № 4. – С. 117–125.
6. Богданов Ю. А., Буняк Б. Т., Воронин В. И. и др. Электромагнитно-деформационное излучение недр в исследовании геологических объектов // Нефтегазовые технологии. – 2001. – май–июнь. – С. 28–31.
7. Богданов В. Н., Воронин В. И., Черняков А. М., Уваров В. Н. Электромагнитное проявление геодинамических объектов земной коры // Радиофизика и электроника. – 2002. – **7**, № 1. – С. 68–76.
8. Богданов А. Ю., Коболев В. П., Русаков О. М., Захаров И. Г. Геополаритонное зондирование газоносных структур северо-западного шельфа Черного моря // Геология и полезные ископаемые мирового океана. – 2007. – № 1. – С. 77–88.
9. Landau L. D., Lifshitz E. M. Electrodynamics of continuous media. – Oxford: Pergamon Press, 1984. – 547 p.
10. Hopfield J. J. Theory of contribution of excitons to the complex dielectric constant of crystals // Phys. Rev. – 1958. – **112**. – P. 1555–1561.

ООО “Юг-нефтегазгеология”, Киев

Поступило в редакцию 01.07.2009

Yu. A. Bogdanov, A. M. Chernyakov

A probable reason for gas emissions in mines of Donbas and possible ways of their studying

It is noted that all known explosions of natural gas in mines of Donbas take place in those which are located in a rather narrow strip on the border of a fold belt with the Bahmutskaya and Kalmius-Toretskaya basins. It is suggested that a possible source of natural gas is undiscovered commercial accumulations of oil and gas. Oil and gas are absorbed by mine fields, which causes heavy consequences.